

Barbora SOUČKOVÁ¹

TEPELNĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ SUTERÉNNÍ ČÁSTI PANELOVÉHO OBJEKTU

TECHNICAL REVIEW FROM THERMAL ENVIRONMENT OF PREFAB'S BASEMENT PART

Abstrakt

Tento příspěvek se zaměřuje na řešení detailů suterénní části montovaných objektů bytové výstavby, soustavy T 06-B Prefa Olomouc BP-70 [3] z vnější strany. Pojednává o rozdílech průběhů teplot a tlaků vodní páry při dvou variantách zateplení stěnové obvodové konstrukce z vnější strany panelového objektu. Posuzování vybraných detailů je prováděno porovnáním výsledků tepelně-technického posouzení konstrukcí namodelovaných v počítačovém softwaru Area [3].

Klíčová slova

Tepelně-technické posouzení, panelový objekt, suterén.

Abstract

This article concentrates on solving details from exterior of building basement. The type of this block of flats is the system T 06-B Prefa Olomouc. This article deals with differences of continuance of temperatures and water vapor pressures on two variants of the building envelope wall insulation from the outside of the building panel. Assessment of the selected details is done by comparing the results of thermal-technical assessment of structures modeled in the computer software Area [3].

Keywords

Technical review from thermal environment, prefab, basement.

1 ÚVOD K PROBLEMATICE

Z celkového počtu trvale obydlených bytů v České republice tvoří přibližně 32 % [2, str. 9] panelové bytové domy. Tyto obytné prefabrikované vícepodlažní budovy byly stavěny podle tzv. „konstrukčních soustav“ (systémy budov dle umístění jejich jednotlivých stavebních prvků) a v dnešní době jsou často rekonstruovány v rámci tzv. „Revitalizace“. Vlivem nedostačujících tepelně-technických parametrů u konstrukcí stávajících obytných panelových domů, nesprávného vnitřního prostředí uvnitř budov a s tím souvisejícím prochlazováním obálky budov často dochází v kritických místech k nadměrnému kumulování vlhkosti, jehož následkem je často vznik plísní, což může způsobit zdravotní problémy obyvatelům žijícím v takto infikovaném vnitřním prostředí.

Tento příspěvek se zaměřuje na řešení detailů suterénní části panelového objektu konstrukční soustavy typu T 06-B Prefa Olomouc, který se skládá z betonového základového pásu, obvodové stěnové konstrukce přilehlé k zemině, podlahové konstrukce 1.PP a 1.NP (včetně stropní konstrukce 1.PP). Pojednává o rozdílech průběhů teplot a tlaků vodní páry při opatření posuzovaných detailů suterénní části tepelnou izolací protaženou 1 m pod terén a jako tepelně izolovaný chodník [1, str. 12]. Posuzování vybraných detailů je prováděno porovnáním výsledků tepelně-technického

¹ Ing. Barbora Součková, Katedra pozemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 916, e-mail: barbora.souckova@vsb.cz.

posouzení konstrukcí namodelovaných v počítačovém programu Teplo [4] a Area [3]. Nastíněný problém je zde řešen pouze teoreticky.

2 MODELOVANÉ KONSTRUKCE

Jak již bylo napsáno v úvodu, posuzovaný detail suterénní části panelového objektu je konstrukční soustava typu T 06-B Prefa Olomouc a skládá se z betonového základového pásu, obvodové stěnové konstrukce přilehlé k zemině, podlahové konstrukce 1. PP a 1. NP (včetně stropní konstrukce 1. PP). Obvodové panely jsou železobetonové vrstvené (sendvičové), tloušťky 290 mm (145 mm železobeton + 2x40 mm tepelná izolace + 65 mm železobeton).

Skladby modelovaných obvodových konstrukcí:

a) Skladba obvodové stěny (od interiéru směrem k exteriéru):

	d [mm]	λ [W/(mK)]	μ [-]
obvodová stěna: železobetonový panel	145	1,58	29
obvodová stěna: pěnový polystyren	40	0,051	40
obvodová stěna: pěnový polystyren	40	0,051	40
obvodová stěna: železobetonový panel	65	1,58	29
izolace proti zemní vlhkosti: 2x Bitagit S35	7	0,21	14400

b) Skladba podlahové konstrukce – 1.NP (od interiéru 1.NP směrem k 1.PP):

	d [mm]	λ [W/(mK)]	μ [-]
nášlapná vrstva podlahy – PVC	3	0,17	1000
nášlapná vrstva podlahy – lepidlo	2	0,60	50
potěr cementový	45	1,16	19
stropní konstrukce – železobeton	150	1,58	29

c) Skladba podlahové konstrukce – 1.PP (od interiéru 1.PP směrem k exteriéru):

	d [mm]	λ [W/(mK)]	μ [-]
nášlapná vrstva podlahy: cementový potěr	15	1,16	19
betonová mazanina	35	1,30	20
betonová mazanina II	80	1,23	17
izolace proti zemní vlhkosti: 2x Bitagit S35	7	0,21	14400
betonová mazanina	100	1,23	17
rostlý terén	-	-	-

d) Skladba základové konstrukce:

	d [mm]	λ [W/(mK)]	μ [-]
základový pás z betonu hutného 600x600 mm	600	1,43	23

3 TEPELNĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ OBVODOVÝCH KONSTRUKCÍ

Celkem je zde posuzován jeden detail suterénní části panelového objektu typu T 06-B Prefa Olomouc s přidanou tloušťkou tepelné izolace protažené 1 m pod terén a jako tepelně izolovaný chodník [1, str. 12]. Je zde porovnáván průběh teplot a tlaků vodní páry v daném detailu. Na vnější stranu jeho stěnové obvodové konstrukce je postupně po 10 mm přidávána tepelná izolace (parametry: $\lambda = 0,045$ W/(mK), $\mu = 2$) o tloušťce 0 mm až 150 mm. Tepelná izolace je buď protažena 1 m pod terén (V1), nebo 1 m od objektu rovnoběžně s terénem (V2) jako tepelně izolovaný chodník [1, str. 12]. Hydro-izolace je ukončena 300 mm nad terénem.

Posouzení je provedeno dle ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov [1]. Pro hodnocení konstrukcí ve styku s terénem platí ČSN EN ISO 13370: Tepelné chování budov - Přenos tepla zeminou - Výpočtové metody. Nejprve jsou v počítačovém programu Teplo [4] modelované a posuzované jednotlivé dílčí konstrukce těchto variant detailu – obvodové stěny, stropy a podlahy. Poté jsou celé varianty detailu modelované v počítačovém programu Area [3].

Výpočetní okrajové podmínky posuzovaných detailů jsou situovány do prostředí teplotní oblasti Ostravy nacházející se v České republice. Převážná část řešených detailů leží nad úrovní terénu. Interiér podzemního podlaží (1. PP) je uvažován jako nevytápěný prostor s vnitřní teplotou vzduchu 15 °C. Jelikož se v přízemí nacházejí byty, jsou zde interiérové podmínky zvoleny jako u obytné místnosti.

Okrajové podmínky:

a) zemina:	$\theta_{gr} = 5 \text{ °C};$	$\varphi_{gr} = 100 \text{ %};$	$R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
b) exteriér:	$\theta_{a,e} = -15 \text{ °C};$	$\varphi_e = 84 \text{ %};$	$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$
c) interiér 1. PP:	$\theta_{a,i} = 15 \text{ °C};$	$\varphi_i = 50 \text{ %};$	$R_{si} = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$
d) interiér 1. NP:	$\theta_{a,i} = 21 \text{ °C};$	$\varphi_i = 50 \text{ %};$	$R_{si} = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$

Veličiny [c2]:

$\theta_{gr} / \theta_{a,e} / \theta_{a,i} [\text{°C}]$ = teplota zeminy / venkovního vzduchu / vnitřního vzduchu,
 $\varphi_{gr} / \varphi_e / \varphi_i [\text{‰}]$ = relativní vlhkost zeminy / venkovního vzduchu / vnitřního vzduchu,
 $R_{se} / R_{si} [\text{m}^2\text{K/W}]$ = tepelný odpor při přestupu tepla na vnější / vnitřní straně konstrukce,
 $\lambda [\text{W/(mK)}]$ = součinitel tepelné vodivosti,
 $\mu [-]$ = faktor difuzního odporu

Detail C1 už před přidáním tepelné izolace na vnější stranu jeho stěnové obvodové konstrukce vyhověl požadavkům na povrchovou teplotu t_{si} a teplotní faktor $f_{R,si}$ dle ČSN 73 0540-3 [1] (požadavek $f_{R,si,n} < f_{R,si} [-]$ je splněn). Tato konstrukce z hlediska součinitele prostupu tepla U_k vyhoví po přidání 30 mm zvolené tepelné izolace, a po přidání zvolené tepelné izolace o tloušťce 90 mm splní i nízkoenergetickou hodnotu této veličiny.

Průběhy vypočtených teplotních faktorů $f_{R,si}$ jsou zapsány v tab. 1 a graficky znázorněny v tab. 3. Je patrné, že s přidanou tloušťkou tepelné izolace se vlastnosti konstrukce tohoto detailu postupně zlepšují. Z grafického znázornění je patrné, že tyto průběhy nejsou lineární, ale polygonální.

Údaje o vypočtených množstvích zkondenzované a vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukcí $M_{c,a}$ a $M_{ev,a}$ jsou zapsány v tab. 2 a graficky znázorněny v grafu 2. Při podrobnějším zkoumání hodnot jejich vypočtených množství je viditelné, že v obou případech (V1 – protažení tepelné izolace 1 m pod terén, V2 – protažení tepelné izolace 1 m od objektu rovnoběžně s terénem) jsou mezi jednotlivými hodnotami velmi malé rozdíly a jejich průběhy jsou skoro totožné. Vlhkostní vlastnosti konstrukce tohoto celého vymodelovaného detailu se zvětšující se přidanou tloušťkou tepelné izolace se postupně zlepšují, avšak v žádné variantě nedojde k úplnému vypaření ročního množství zkondenzované vlhkosti z konstrukce (požadavek $M_{c,a} < M_{ev,a} [\text{kg/(m}^2\text{rok)}]$ není splněn), i když je jejich rozdíl v posledních detailech velmi malý (jedna třetí vypočtených hodnot) – nikde nedojde k protnutí obou k sobě náležících veličin o stejné barvě a tím i k vyhovění požadavku na šíření vlhkosti konstrukcí.

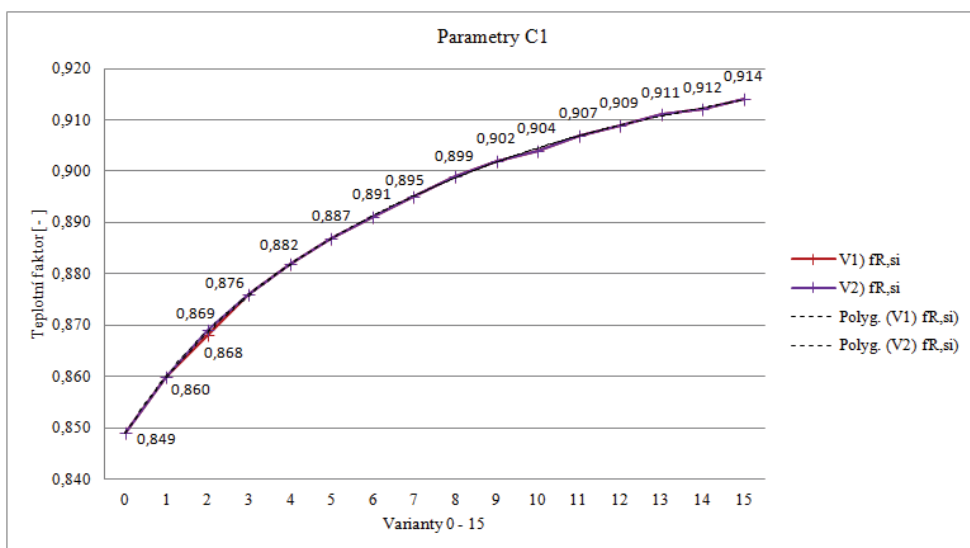
4 VÝSTUPY A POROVNÁNÍ

V této části jsou vybrány nejdůležitější výstupy z tepelně-technického posouzení obvodových konstrukcí, které je provedeno v počítačovém programu Area 2007 [3].

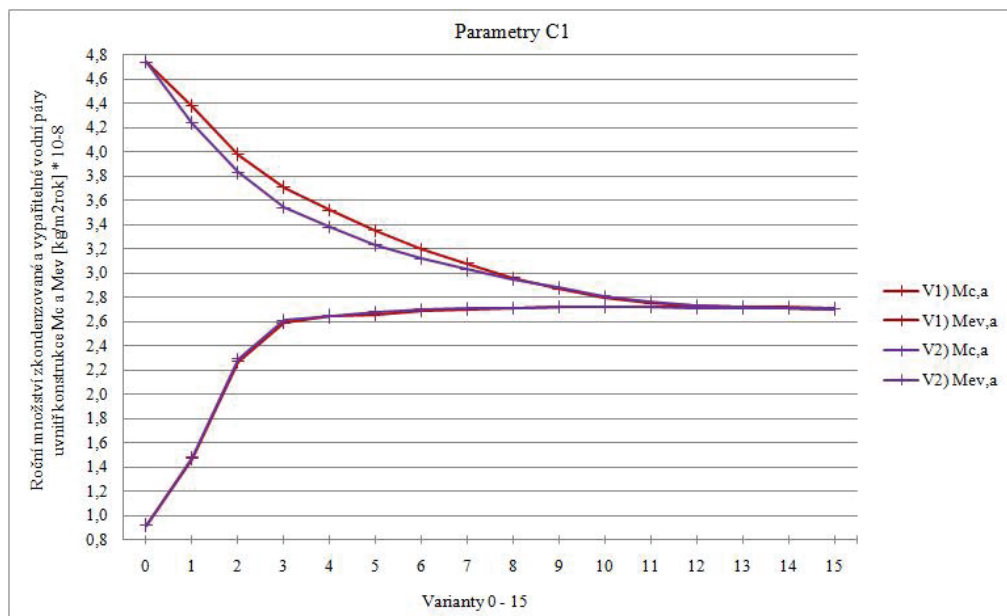
Průběhy vypočtených teplotních faktorů $f_{R,si}$ jsou zapsány v tab. 1 a graficky znázorněny v grafu 1. Tepelně-technické vlastnosti konstrukce tohoto detailu se postupně zlepšují s přidanou tloušťkou tepelné izolace. Při porovnání průběhů vypočtených teplotních faktorů $f_{R,si}$ u varianty V1 (tepelná izolace je protažena 1 m pod terén) s variantou V2 (tepelná izolace je protažena 1 m od objektu rovnoběžně s terénem jako tepelně izolovaný chodník) vyplývá, že jsou tyto průběhy vypočtených teplotních faktorů $f_{R,si}$ u obou variant V1 a V2 stejné.

Při podrobnějším zkoumání hodnot vypočtených množství zkondenzované a vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce $M_{c,a}$ a $M_{ev,a}$, zapsaných v tab. 2 a znázorněných v grafu 2, je patrné, že se zvětšující se přidanou tloušťkou tepelné izolace se vlhkostní vlastnosti konstrukce tohoto celého vymodelovaného detailu postupně zlepšují – množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$ uvnitř konstrukce se postupně zmenšuje a množství vypařitelné vodní páry z konstrukce $M_{ev,a}$ se postupně

zvětšuje (rozdíly mezi těmito dvěma veličinami se postupně zmenšují). V žádné z variant nedojde k úplnému vypaření ročního množství zkondenzované vlhkosti z konstrukce, i když při tloušťce přidané tepelné izolace okolo 130 mm a větší vychází hodnoty množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$ jen minimálně vyšší než hodnoty množství vypařitelné vodní páry $M_{ev,a}$. Při porovnání hodnot množství vypařitelné vodní páry $M_{ev,a}$ u varianty V1 s variantou V2 vyplývá, že jsou tyto průběhy u obou variant V1 a V2 skoro totožné. Při porovnání hodnot množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$ u varianty V1 s variantou V2 vyplývá, že jejich rozdíly nejsou příliš velké. Největší rozdíly $M_{c,a}$ jsou při tloušťce přidané tepelné izolace 30 mm a od tloušťky 80 mm se jednotlivé hodnoty $M_{c,a}$ skoro rovnají.



Graf 1: Porovnání grafického znázornění průběhů vypočtených teplotních faktorů $f_{R,si}$ [-] (Area [3])



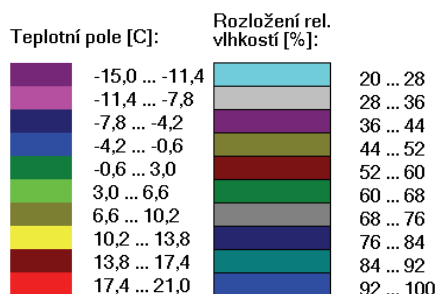
Graf 2: Porovnání grafického znázornění průběhů vypočtených množství zkondenzované a vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukcí $M_{c,a}$ a $M_{ev,a}$ [kg/(m²rok)] (Area [3])

Tab. 1: Detail s přidanou tloušťkou tepelné izolace – vyhodnocení tepelně-technického posouzení dle Teplo [4] i Area [3] - $f_{R,si,n} < f_{R,si}$ [-]: $f_{R,si,n}$ = normová hodnota teplotního faktoru, $f_{R,si}$ = vypočtený teplotní faktor, TI = tepelná izolace, T = Teplo, A = Area

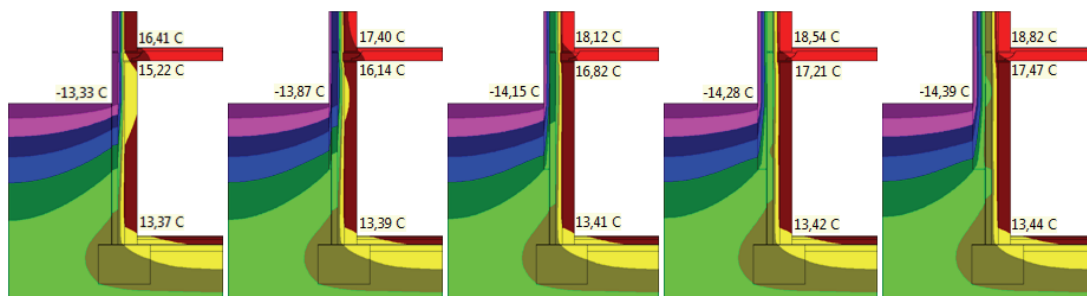
	Přidaná tloušťka TI [mm]	Teplotní faktor [-]						
		$f_{R,si,n}$	V1		V2		V1 + V2	
			$A \cdot f_{R,si}$	požadavek	$A \cdot f_{R,si}$	požadavek	$T \cdot f_{R,si}$	požadavek
0	Bez TI	0,798	0,849	splněn	0,849	splněn	0,874	splněn
1	10	0,798	0,860	splněn	0,860	splněn	0,887	splněn
2	20	0,798	0,868	splněn	0,869	splněn	0,897	splněn
3	30	0,798	0,876	splněn	0,876	splněn	0,906	splněn
4	40	0,798	0,882	splněn	0,882	splněn	0,913	splněn
5	50	0,798	0,887	splněn	0,887	splněn	0,919	splněn
6	60	0,798	0,891	splněn	0,891	splněn	0,925	splněn
7	70	0,798	0,895	splněn	0,895	splněn	0,930	splněn
8	80	0,798	0,899	splněn	0,899	splněn	0,934	splněn
9	90	0,798	0,902	splněn	0,902	splněn	0,937	splněn
10	100	0,798	0,904	splněn	0,904	splněn	0,941	splněn
11	110	0,798	0,907	splněn	0,907	splněn	0,944	splněn
12	120	0,798	0,909	splněn	0,909	splněn	0,946	splněn
13	130	0,798	0,911	splněn	0,911	splněn	0,949	splněn
14	140	0,798	0,912	splněn	0,912	splněn	0,951	splněn
15	150	0,798	0,914	splněn	0,914	splněn	0,953	splněn

Tab. 2: Detail s přidanou tloušťkou tepelné izolace – vyhodnocení posouzení šíření vlhkosti konstrukcí dle Area [3] - $M_{c,a} < M_{ev,a}$ [kg/(m²rok)]: $M_{c,a}$ = zkondenzovaná vodní pára, $M_{ev,a}$ = vypařitelná vodní pára, TI = tepelná izolace

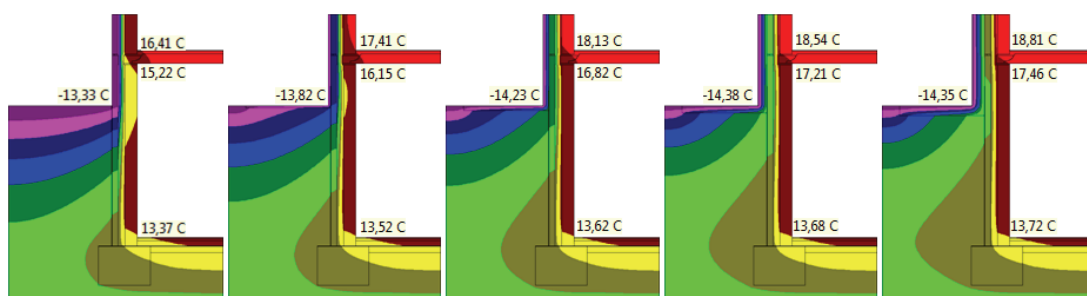
	Přidaná tloušťka TI [mm]	Zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce $M_{c,a}$ [kg/(m²rok)] * 10^{-8} a vypařitelná vodní pára uvnitř konstrukce $M_{ev,a}$ [kg/(m²rok)] * 10^{-8}					
		V1			V2		
		$M_{c,a}$	$M_{ev,a}$	požadavek	$M_{c,a}$	$M_{ev,a}$	požadavek
0	Bez TI	4,74	0,92	nesplněn	4,74	0,92	nesplněn
1	10	4,38	1,47	nesplněn	4,24	1,48	nesplněn
2	20	3,98	2,27	nesplněn	3,83	2,29	nesplněn
3	30	3,71	2,59	nesplněn	3,54	2,61	nesplněn
4	40	3,52	2,64	nesplněn	3,38	2,65	nesplněn
5	50	3,35	2,66	nesplněn	3,23	2,68	nesplněn
6	60	3,20	2,69	nesplněn	3,12	2,70	nesplněn
7	70	3,08	2,70	nesplněn	3,03	2,71	nesplněn
8	80	2,96	2,71	nesplněn	2,95	2,71	nesplněn
9	90	2,87	2,72	nesplněn	2,88	2,72	nesplněn
10	100	2,80	2,72	nesplněn	2,81	2,72	nesplněn
11	110	2,75	2,72	nesplněn	2,76	2,72	nesplněn
12	120	2,73	2,72	nesplněn	2,73	2,71	nesplněn
13	130	2,72	2,71	nesplněn	2,72	2,71	nesplněn
14	140	2,72	2,71	nesplněn	2,71	2,71	nesplněn
15	150	2,71	2,70	nesplněn	2,71	2,70	nesplněn



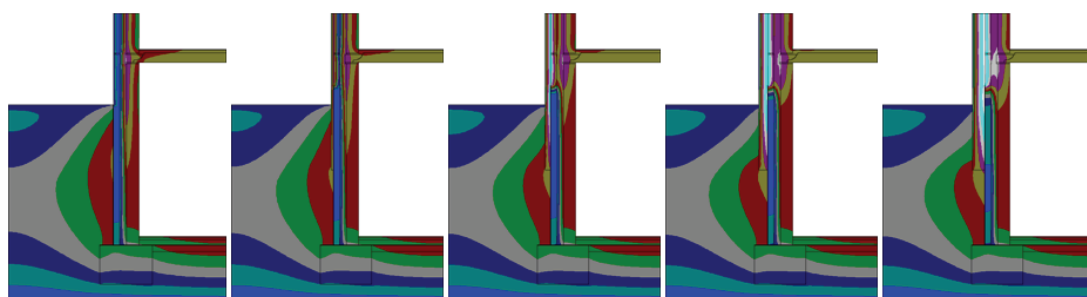
Obr. 1: Přiřazení barev teplotním a vlhkostním polím na obr. 2 až obr. 5 (Area [3])



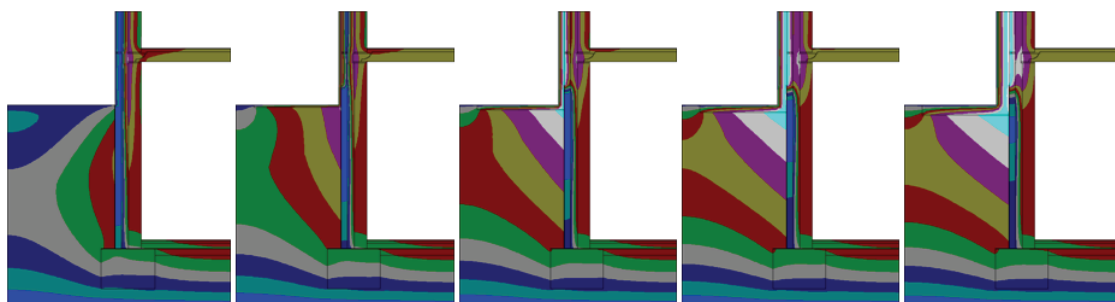
Obr. 2: Porovnání průběhů teplotních polí u některých variant detailu s přidanou tepelnou izolací protaženou 1 m pod terén (Area [3]): bez zateplení, 30 mm, 70 mm, 110 mm a 150 mm



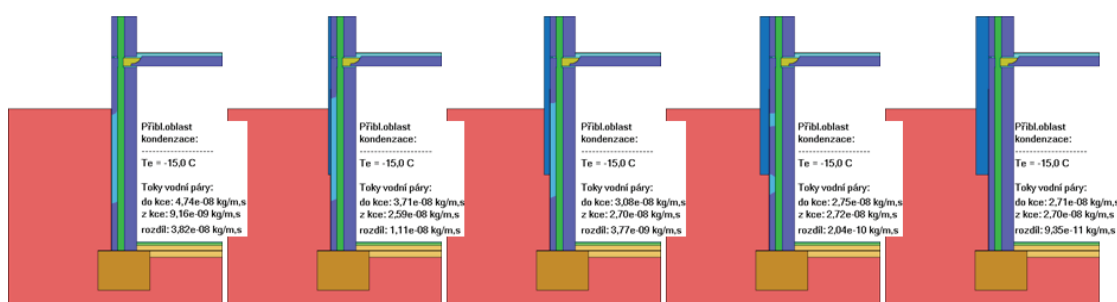
Obr. 3: Porovnání průběhů teplotních polí u některých variant detailu s tepelnou izolací protaženou 1 m od objektu rovnoběžně s terénem (Area [3]): bez zateplení, 30 mm, 70 mm, 110 mm a 150 mm



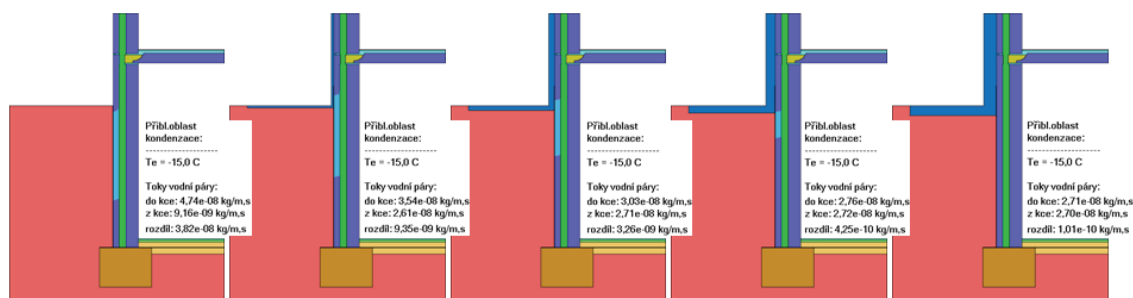
Obr. 4: Rozložení relativních vlhkostí u některých variant detailu s přidanou tepelnou izolací protaženou 1 m pod terén (Area [3]): bez zateplení, 30 mm, 70 mm, 110 mm a 150 mm



Obr. 5: Rozložení relativních vlhkostí u některých variant detailu s tepelnou izolací protaženou 1 m od objektu rovnoběžně s terénem (Area [3]): bez zateplení, 30 mm, 70 mm, 110 mm a 150 mm



Obr. 6: Kondenzace vodní páry u některých variant detailu s přidanou tepelnou izolací protaženou 1 m pod terén (Area [3]): bez zateplení, 30 mm, 70 mm, 110 mm a 150 mm



Obr. 7: Kondenzace vodní páry u některých variant detailu s přidanou tepelnou izolací protaženou 1 m od objektu rovnoběžně s terénem (Area [3]): bez zateplení, 30 mm, 70 mm, 110 mm a 150 mm

Na výše uvedených obrázcích (obr. 2 až obr. 7) jsou znázorněny: porovnání průběhů teplotních polí, rozložení relativních vlhkostí a kondenzace vodní páry v jednotlivých variantách detailu. Pro názornost zde byly z grafických výstupů vybrány varianty bez zateplení, s tloušťkou tepelné izolace 30 mm, 70 mm, 110 mm a 150 mm (uvedeno v obr. 2 až obr. 7).

5 ZÁVĚR

V tomto příspěvku je řešeno tepelně-technické posouzení detailu suterénní části u částečně podsklepeného panelového objektu konstrukční soustavy typu T 06-B Prefa Olomouc. Posuzovaný detail se skládá z betonového základového pásu, obvodové stěnové konstrukce přilehlé k zemině, podlahové konstrukce 1.PP a 1.NP (včetně stropní konstrukce 1.PP). Na vnější stranu jeho stěnové obvodové konstrukce je přidávána tepelná izolace o tloušťce 0 mm až 150 mm. Tepelná izolace je buď protažena 1 m pod terén (V1), nebo 1 m od objektu rovnoběžně s terénem (V2) jako tepelně izolovaný chodník.

Při porovnání průběhů vypočtených teplotních faktorů $f_{R,si}$ u varianty V1 s variantou V2 vyplývá, že jsou tyto průběhy vypočtených teplotních faktorů $f_{R,si}$ u obou variant V1 a V2 stejné. Při podrobnějším zkoumání hodnot vypočtených množství zkondenzované a vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce $M_{c,a}$ a $M_{ev,a}$ je patrné, že se zvětšující se přidanou tloušťkou tepelné izolace se vlhkostní vlastnosti konstrukce tohoto celého vymodelovaného detailu postupně zlepšují, avšak v žádné z variant nedojde k úplnému vypaření ročního množství zkondenzované vlhkosti z konstrukce. Při porovnání hodnot množství zkondenzované a vypařitelné vodní páry $M_{c,a}$ a $M_{ev,a}$ u varianty V1 s variantou V2 vyplývá, že jejich rozdíly nejsou příliš velké a varianta V2 vychází o něco málo lépe než varianta V1.

Protože toto zlepšení tepelně-technických parametrů konstrukcí není lineární a nejvýraznější rozdíly jsou patrné ze začátku přidávání tepelné izolace, měly by být při volení tloušťky přidávané tepelné izolace také brány v úvahu další faktory, jako je cena materiálu, výsledná tloušťka konstrukce a celková efektivita návrhu konstrukcí tak, aby výsledné parametry konstrukce, jako je součinitel prostupu tepla U_k a teplotní faktor $f_{R,si}$ (dle ČSN 73 0540-3 [1]), byly voleny hospodárně a efektivně.

Zde tepelně-technicky posuzované konstrukce vybraných detailů jsou modelovány v počítačovém programu Teplo [4] a Area [3], které zohledňují jen vedení tepla a přestupy tepla na površích – ve vlhkostní oblasti uvažují jen s difúzí vodní páry podle Glaserova kondenzačního modelu a neuvažují s kapilárním vztlínáním vlhkosti. K tepelně-technickému posuzování, hlavně vlhkostní oblasti, dnes existují přesnější počítačové programy.

LITERATURA

- [1] ČSN 73 0540–2 *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha : Český normalizační institut, 2007, 44 s.
- [2] Státní fond rozvoje bydlení. (2009). PanelSCAN 2009 - Výtah ze závěrečné zprávy Studie stavu bytového fondu panelové zástavby v ČR. Retrieved August 08, 2011, from <http://www.sfrb.cz/file/104/>.
- [3] SVOBODA, Z.: *Area 2007* [počítačový program].
- [4] SVOBODA, Z.: *Teplo 2007* [počítačový program].

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Ing. Pavol Ďurica, CSc., Katedra pozemního stavitelství a urbanizmu, Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline.

Doc. Dr. Ing. Zbyněk Svoboda, Katedra konstrukcí pozemních staveb, Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze.